

Ⅲ-A106

液状化強度比の推定精度向上のための検討

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○菊入 崇

同 上 正会員 西村昭彦

同 上 正会員 澤田 亮

1. はじめに

現在の鉄道構造物の設計における液状化の予測法は、液状化抵抗率による手法を用いているが、液状化強度比の推定においては地震動の不規則性を全体的に考慮できる累積損傷度理論¹⁾を適用している²⁾。

判定に用いる液状化強度比は、通常、振動三軸試験によって推定した繰返し回数が20回での液状化強度比に地震動の不規則性などの補正を行っている。しかし、さまざまな地震動に適用していくにあたって、対象とする地震動の特性などについての検討が必要であると考えられる。特に、現在の鉄道構造物の設計では海洋型地震（振動型）を念頭に置いたものであり、断層近傍型地震（衝撃型）のように繰返し回数の少ない地震動では、液状化強度比の設定を変える必要があると考えられる。

また、実務においては、ボーリング調査などから得られるN値や平均粒径を基に液状化の予測を行うことが多い。そこで、これらから求まる液状化強度比の推定精度を向上させる必要があると考えられる。

本報告では、既往の調査・試験結果を整理し、液状化強度比の推定精度向上を図るための検討を行った。

2. 検討方法

既往の調査・試験結果から、繰返し回数 N_c ～液状化強度比 R 関係、相対密度 D_r ～液状化強度比 R 関係および平均粒径 D_{50} に対する補正などについて、土質、物理特性による変化やばらつきの程度を整理した。

3. 検討結果

3. 1 繰返し回数～液状化強度比関係

振動三軸試験結果より、繰返し回数 N_c ～繰返しせん断応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ （軸ひずみ両振幅 $DA=5\%$ ）を整理したものを図1に示す。

図1の関係を、繰返し回数20回における液状化強度比 R_{L20} （ $DA=5\%$ ）で正規化したのが図2である。これによると海洋型地震を考慮する場合に考えられる繰返し回数の範囲において龍岡の提案式³⁾

（式1）にほぼ近似していることがわかる。しかしながら、密な砂（文献4、 $D_r=80\%$ ）では、少ない繰返し回数（10回未満）において龍岡の提案式

よりも大きな傾向が見られる。この試料に対して繰返し回数20回未満の近似式を求めると、式2のようになる。

【龍岡の提案式】

$$R(i) = R_{20} [N_c(R(i))]^{-0.17} \quad \text{--- 式1}$$

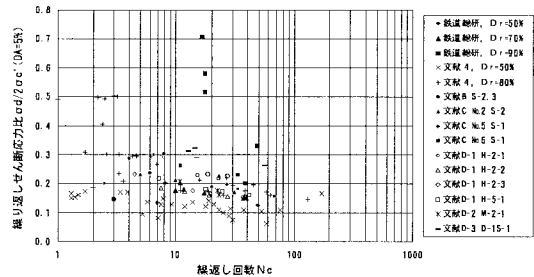
【文献4（ $D_r=80\%$ ）試験値からの近似式】

図1 繰返し回数と応力比の関係

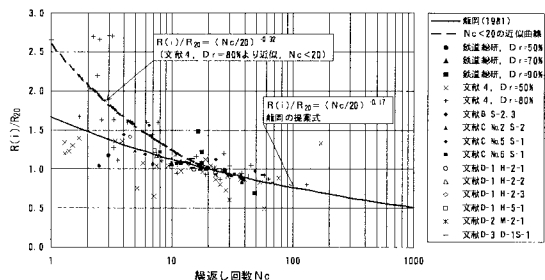


図2 繰返し回数と正規化した応力比の関係

キーワード：液状化強度比、繰返し回数、相対密度、平均粒径

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 Tel 0425-73-7262 FAX 0425-73-7248

$$R(i) = R_{20} [N_c(R(i))]^{-0.32} \quad (N_c < 20) \quad \text{----- 式2}$$

ここに、 $R(i)$ ：任意の繰返し回数 $N_c(R(i))$ に対応する液状化強度比

R_{20} ：繰返し回数 $N_c=20$ 回で $DA=5\%$ になる液状化強度比

$N_c(R(i))$ ：任意の繰返し回数

以上の結果より、想定する地震動（波形）によっては、相対密度が70～80%程度を境に液状化強度比の推定式を変えるのがよいと考えられる。

3. 2 相対密度～液状化強度比関係

振動三軸試験の繰返し回数 N_c ～繰返しせん断応力比 $\sigma_d / 2 \sigma'_c$ ($DA=5\%$) 関係から繰返し回数20回における液状化強度比 R_{L20} を求め、相対密度 Dr との関係を整理したものを図3に示す。

図中の線は、現在の鉄道標準で用いられている相対密度と液状化強度比の関係であるが、求められた液状化強度比 R_{L20} はおおむねこの関係に近似している。

3. 3 平均粒径～ ΔR 関係

現在の鉄道標準の式を用いて $F_c=0$ に対する液状化強度比 R_{c0} を求め、試験値 R_{L20} との差 ΔR と平均粒径 D_{50} の関係を整理したものを図4に示す。なお、ここで用いたデータは、 $F_c < 10\%$ かつ乱さな試験である。

平均粒径が小さくなるにつれ、 ΔR が大きくなる傾向にあり、図中に示した現在の鉄道標準で用いている補正式より上側に位置するデータが多い。

4. まとめ

以上より、液状化強度比の推定精度の向上にあたり、試験・調査結果を整理した。繰返し回数～液状化強度比関係については従来の龍岡の式の適用が可能であると考えられる。しかし、繰返し回数20回未満では密な砂については龍岡の式よりもやや大きくなる傾向が見られた。

また、相対密度～液状化強度比関係では、現在の鉄道標準による方法におおむね近似しているが、平均粒径に対する補正については、さらに検討する余地があると思われる。

今後は、細粒分含有率 F_c ～液状化強度比 R との関係を整理し、より精度の高い液状化強度比の推定方法を提案していく予定である。

謝辞

本報告を作成するにあたり、データ整理作業を行っていただいた中央開発株式会社西江俊作部長、神原隆則氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 大川ら：累積損傷度理論を用いた簡易液状化判定手法の提案，第19回地震工学研究発表会，1987.7
- 2) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，1997.3
- 3) 足立・龍岡：新体系土工学18 土の力学－圧密・せん断・動的解析－，技報堂出版，1981.8
- 4) 砂地盤の工学的性質の評価法に関する研究委員会（とりまとめ：龍岡文夫）：飽和豊浦砂の非排水繰返し三軸試験における変形特性に及ぼす諸要因に関する共同研究報告，砂質土および砂地盤の変形・破壊強度の評価－室内試験法および試験結果の解釈と適用－に関するシンポジウム発表論文集，pp.7-46，1984

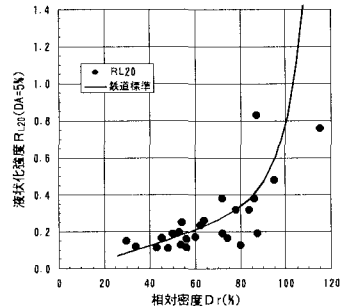


図3 相対密度～液状化強度関係
(繰返し回数 $N_c=20$)

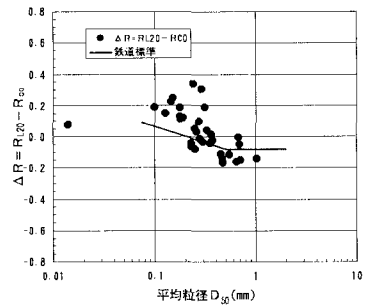


図4 平均粒径～ ΔR 関係